

УДК: 613.5:614.7

ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Высотин С.А.¹, Сайфитова А.Т.¹, Рязанова Е.А.¹

¹ ФГБОУ ВО Пермский государственный медицинский университет им. академика Е. А. Вагнера Минздрава России, Пермь, Россия 614990, ул. Петропавловская 26, e-mail: dr.vysotin2009@yandex.ru

Специальность 32.08.06

Одним из ключевых аспектов гигиенического нормирования является радиационная безопасность жилых помещений. Цель исследования: оценить уровень AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений многоквартирного дома города Перми. Материалы и методы. Для достижения поставленной цели было проведено обследование радиационной обстановки в помещениях с целью выявления возможных локальных источников гамма-излучения. Произведены измерения мощностей AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения на открытой местности в пяти точках и в многоквартирном доме в сорока семи точках. Для измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений были проведены замеры в сорока восьми точках. Выводы: среднегодовая ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений соответствует требованиям действующего нормативного документа СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009". Таким образом, уровень AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений многоквартирного дома города Перми не превышает допустимых значений, радиационных аномалий локальных источников гамма-излучения не выявлено. Для жизни и здоровья людей, проживающих в данном доме, радиационный фон не представляет никакой опасности.

Ключевые слова: радиационная гигиена, радиоэкология

HYGIENIC ASPECTS OF RESIDENTIAL RADIATION SAFETY

Vysotin S.A., Sayfitova A.T., Riazanova E.A.

Acad. E.A. Wagner Perm State Medical University, Perm, Russia

One of the key modern aspects of hygienic rationing is residential radiation safety. The purpose of the study is to estimate the level of ambient equivalent dose of gamma radiation and equivalent equilibrium volumetric activity of radon in the air of the premises of the apartment building of Perm. Materials and methods. In order to achieve the objective, a preliminary survey of the radiation situation in the premises was carried out in order to identify possible local sources of gamma radiation. The capacity of the ambient equivalent dose of gamma radiation was measured in the open area in five points and in the apartment building itself in forty-seven points. To measure the equivalent equilibrium volumetric activity of radon in indoor air, measurements were made at forty-eight points. Conclusions: the average annual EROA of radon isotopes in the air of the premises meets the requirements of the current regulatory document SanPiN 2.6.1.2523-09 "Radiation safety standards NRB-99/2009." Thus, the level of ambient equivalent of gamma radiation dose and equivalent equilibrium volumetric activity of radon in the air of the premises of the apartment building of Perm does not exceed permissible values; radiation anomalies of local gamma radiation sources have not been detected. For the life and health of the living people of this house, the radiation background does not pose any danger, which also benefits children.

Keywords: radiation hygiene, radioecology

Введение

Одним из ключевых аспектов гигиенического нормирования является радиационная безопасность жилых помещений. Экологическая значимость ионизирующего излучения, которое относится к наиболее опасным антропогенным факторам, все больше возрастает в современном мире и становится предметом особого изучения. Радиационное воздействие на организм человека обусловлено совокупностью действий естественного радиационного фона от источников как земного, так и космического происхождения, искусственного радиационного фона, медицинского облучения, а также техногенного измененного естественного радиационного фона, который представлен природными источниками после деятельности человека. Сельская и городская местность могут отличаться как по уровню излучения, так и по преобладающим источникам [4, 5, 6].

Естественный радиационный фон земного происхождения представлен радиоактивностью горных пород Земли и почвы, образовавшейся в результате разрушения горных пород. По мере физического распада радиоактивных нуклидов остались только долгоживущие, продолжительность жизни которых измеряется миллиардами лет, и продукты их распада. Особое место занимают радиоактивные газы радона и торона, которые поступают из почвы и строительных материалов в атмосферу, жилые дома и производственные помещения. В результате деятельности человека изменяется природный естественный фон Земли. Из недр Земли извлекается огромное количество полезных ископаемых, вместе с которыми на поверхность поступают и естественные радионуклиды, что приводит к повышению радиационного фона на поверхности Земли и увеличению доз внешнего и внутреннего облучения человека. Для гражданского и промышленного строительства массово используют отходы (золу, шлаки чёрной и цветной металлургии). Внутри жилых помещений дозы излучения в значительной мере формируются за счёт радона, торона и продуктов из распада. На определенных территориях антропогенное воздействие способно создавать радиоактивные аномалии, что требует сплошного скрининга территории по их поиску [3, 4, 8].

Современное воздействие радиационного фона обуславливает хронический комбинированный характер сочетания внешнего и внутреннего облучения организма человека от поступающих радионуклидов. Облучение, чаще всего, суммируется с действием нерадиационных факторов физической, химической и биологической природы, которые могут, как усиливать, так и угнетать действие радиации.

Биологическое действие ионизирующего излучения обусловлено передачей энергии, затрачиваемой на ионизацию и возбуждение атомов и молекул органов и тканей организма. Излучения условно делят на непосредственно и косвенно ионизирующее. К первым относят заряженные частицы: α , β - частицы, протоны и более тяжёлые частицы, генерируемые на ускорителях. Вторые представлены гамма-, рентгеновским и тормозным излучением, нейтронами, нейтральными мезонами.

Организм человека на облучение условно реагирует в четыре фазы. Три первые быстрые, измеряются долями секунд, в течение которых происходят молекулярные изменения. Последняя фаза – медленная, реализующая функциональные и структурные изменения клеток, а также тканей органов и организма в целом. Первая фаза является физической и характеризуется поглощением энергии ионизирующего излучения, процессами ионизации и возбуждения атомов и молекул. Продолжительность данной фазы - 10^{18} с. Ионизации подвергаются белки, углеводы, нуклеиновые кислоты и различные низкомолекулярные органические и неорганические соединения. При этом, водой поглощается 75 % энергии, а остальные 25% органическими и неорганическими соединениями. Вторая, физико-химическая фаза, характеризуется разрывами химических связей в поглощённых молекулах и образованием высокоактивных в химическом отношении радикалов типа О, Н, $\text{НО}^\cdot$ и перекиси водорода H_2O_2 . Полученные свободные радикалы имеют высокую активность в отношении других соединений, из-за наличия свободного электрона. Поглощённая энергия может мигрировать по макромолекуле и реализоваться в её "слабом" месте или перейти на соседние клетки, вызывая их повреждение. Радикалы, взаимодействуя с различными растворёнными соединениями, дают начало вторичным радикалам, сроки жизни которых значительно больше. Длительность второй фазы также крайне мала ($\gg 10^{12}$ с). Третья фаза - химическая, продолжительностью $\gg 10^9$ с. Продукты предшествующих реакций, особенно свободные радикалы, вступают в реакции между собой и с органическими молекулами клеток, которые приводят к разнообразным повреждениям. Наибольшее значение имеет реакция с белками ДНК в ядрах клеток. Повреждающее действие радикалов проявляется на всех уровнях организма, в том числе разрывы нитей ДНК, замедление синтеза белков, инактивация ферментов, повреждение мембран и ядер клеток [2].

Последняя фаза наиболее вариабельна по временным масштабам. Процессы, происходящие на начальных физико-химических стадиях, являются пусковыми, так как они определяют дальнейший ход лучевого поражения организма человека. Молекулярные

поражения переходят в клеточные изменения. Наиболее чувствительными к облучению являются: ядро, митохондрии, мембраны, клетки, в особенности молекула ДНК. В результате может наступить как гибель клетки, так потеря или замедление клеточного деления (митозов). Исход зависит от дозы облучения и продолжительности воздействия. Различают две основные формы гибели клеток: репродуктивную (митотическую, постмитотическую), связанную с процессами клеточного деления, и интерфазную, не зависящую от фазы клеточного цикла и наблюдаемую как в делящихся, так и в неделящихся клетках [2]. При выживании клетки и сохранения возможности клеточного деления повреждения передаются последующим клеткам, а в случае нарушений в половых клетках потомству человека.

Анализ хронического воздействия малых и небольших доз ионизирующей радиации, обусловленной естественными и искусственными радионуклидами, на человека и среду его обитания, является одной из приоритетных задач современной радиоэкологии [1]. Постепенно изменяются биологические свойства почв в результате влияния различных факторов техногенного загрязнения, таких как нефтепродукты, тяжелые металлы, ионизирующие и неионизирующие излучения. Для оценки загрязнения территории, в качестве основного критерия, используют мощность эквивалентной дозы гамма-излучения (МЭД). В зависимости от местных особенностей значения естественного гамма-фона могут меняться в достаточно широких пределах. Внушительные вариации МЭД можно объяснить, как особенностями геолого-тектонического строения регионов, так и наличием техногенного вмешательства человека – разработкой месторождений полезных ископаемых, выбросами в результате ядерных инцидентов, внесением удобрений [4]. В большинстве исследуемых природных регионов мира гамма-фон варьируется в пределах 0,2–0,4 мкЗв/ч. При этом существуют зоны с аномально высокими значениями МЭД, значения фона варьируются до 30 мкЗв/ч. Среднемировое значение колеблется около 0,1 мкЗв/ч, в городской местности гамма-фон составляет примерно 0,03–0,25 мкЗв/ч [4].

Цель исследования: оценить уровень AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений многоквартирного дома города Перми.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели было проведено обследование радиационной обстановки в помещениях с целью выявления возможных локальных источников гамма-

излучения. Произведены измерения мощностей амбиентного эквивалента доза (МАЭД) гамма-излучения на открытой местности в пяти точках и в самом многоквартирном доме в сорока семи точках. Для измерения эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений были проведены замеры в сорока восьми точках.

Замеры проводили с использованием оборудования, прошедшего поверку: дозиметр рентгеновского и гамма-излучения ДКС-АТ1123 с диапазоном измерений 50 нЗв/ч – 10 зВ/ч и погрешностью измерений $\pm 15\%$ для непрерывного, кратковременного излучения, $\pm 30\%$ для импульсного излучения; рулетка измерительная TL5M второго класса точности; измеритель параметров микроклимата «Метеоскоп-М»; секундомер механический типа СОСпр-2б-2-010 и комплекс измерительный для мониторинга радона, торона и их дочерних продуктов «Альфарад Плюс-М» с диапазоном измерений 1-1*106 Бк/м³ и погрешностью измерений $\pm 30\%$.

Все измерения проводились в соответствии с действующим документом методические указания МУ 2.6.1.2838-11 «Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности» [7].

Результаты и их обсуждения

На момент проведения измерений температура воздуха в помещениях составила от +20,7 до +22,2 °С, температура воздуха вне здания составила +19,3 °С, влажность в помещении от 49,0% до 52,0%, давление в помещении составило 743 мм. рт. ст.

Таблица 1. Результаты измерений МАЭД гамма-излучения на открытой местности

№ п/п	Место измерения	Результат измерения Но, мкЗв/ч	Минимальное значение Но, мкЗв/ч	Δ , мкЗв/ч
1	Прилегающая территория	0,058	0,06	0,012
2	Прилегающая территория	0,06		0,012
3	Прилегающая территория	0,061		0,012
4	Прилегающая территория	0,062		0,012
5	Прилегающая территория	0,058		0,012

В ходе поиска и выявления радиационных аномалий локальных источников гамма-излучения выявлено не было. Максимальное значение МАЭД гамма-излучения в точках с показаниями поискового прибора составили $0,082 \pm 0,013$ мкЗв/ч. Показания поискового прибора при поиске радиационных аномалий варьировались от $0,050 - 0,133$ мкЗв/ч, среднее значение составило $0,075$ мкЗв/ч.

Таблица 2. Результаты измерений МАЭД гамма-излучения в помещениях

№ п/П	Место измерения	Результат измерения Н, мкЗв/ч	Δ, мкЗв/ч	Н-Н ₀ +Δ, мкЗв/ч
1	2 этаж, 1 квартира (комната 1)	0,080	0,016	0,038
2	2 этаж, 1 квартира (комната 2)	0,078	0,016	0,036
3	2 этаж, 10 квартира (комната 1)	0,080	0,016	0,038
4	2 этаж, 10 квартира (комната 2)	0,077	0,015	0,034
5	3 этаж, 12 квартира (комната 1)	0,080	0,016	0,038
6	3 этаж, 12 квартира (комната 2)	0,079	0,016	0,037
7	4 этаж, 29 квартира (комната 1)	0,079	0,016	0,037
8	4 этаж, 29 квартира (комната 2)	0,078	0,016	0,036
9	5 этаж, 31 квартира (комната 1)	0,078	0,016	0,036
10	5 этаж, 31 квартира (комната 2)	0,066	0,013	0,021
11	5 этаж, 40 квартира (комната 1)	0,072	0,014	0,028
12	5 этаж, 40 квартира (комната 2)	0,073	0,015	0,030
13	6 этаж, 42 квартира (комната 1)	0,079	0,016	0,037
14	6 этаж, 42 квартира (комната 2)	0,073	0,015	0,030
15	7 этаж, 59 квартира (комната 1)	0,073	0,015	0,030
16	7 этаж, 59 квартира (комната 2)	0,072	0,014	0,028
17	8 этаж, 61 квартира (комната 1)	0,074	0,015	0,031
18	8 этаж, 61 квартира (комната 2)	0,074	0,015	0,031
19	9 этаж, 72 квартира (комната 1)	0,075	0,015	0,032
20	9 этаж, 72 квартира (комната 2)	0,073	0,015	0,030
21	10 этаж, 89 квартира (комната 1)	0,074	0,015	0,031
22	10 этаж, 89 квартира (комната 2)	0,073	0,015	0,030
23	10 этаж, 90 квартира (комната 1)	0,070	0,014	0,026

24	10 этаж, 90 квартира (комната 2)	0,071	0,014	0,027
25	11 этаж, 91 квартира (комната 1)	0,072	0,014	0,028
26	11 этаж, 91 квартира (комната 2)	0,076	0,015	0,033
27	12 этаж, 102 квартира (комната 1)	0,074	0,015	0,031
28	12 этаж, 102 квартира (комната 2)	0,079	0,016	0,037
29	13 этаж, 119 квартира (комната 1)	0,075	0,015	0,032
30	13 этаж, 119 квартира (комната 2)	0,080	0,016	0,038
31	14 этаж, 121 квартира (комната 1)	0,082	0,016	0,040
32	14 этаж, 121 квартира (комната 2)	0,078	0,016	0,036
33	15 этаж, 132 квартира (комната 1)	0,074	0,015	0,031
34	15 этаж, 132 квартира (комната 2)	0,081	0,016	0,039
35	15 этаж, 140 квартира (комната 1)	0,079	0,016	0,037
36	15 этаж, 140 квартира (комната 2)	0,072	0,014	0,028
37	16 этаж, 149 квартира (комната 1)	0,076	0,015	0,033
38	16 этаж, 149 квартира (комната 2)	0,074	0,015	0,031
39	16 этаж, 150 квартира (комната 1)	0,077	0,015	0,034
40	16 этаж, 150 квартира (комната 2)	0,078	0,016	0,036
41	1 этаж, офис свободной планировки (точка 1)	0,074	0,015	0,031
42	1 этаж, офис свободной планировки (точка 2)	0,075	0,015	0,032
43	1 этаж, офис свободной планировки (точка 3)	0,078	0,016	0,036
44	1 этаж, офис свободной планировки (точка 4)	0,074	0,015	0,031
45	подвал (техподполье, точка 1)	0,070	0,015	0,034
46	подвал (техподполье, точка 2)	0,076	0,015	0,033
47	подвал (техподполье, точка 3)	0,077	0,015	0,034

Результаты измерений показывают минимальное значение МАЭД гамма-излучения $= 0,066 \pm 0,013$ мкЗв/ч, максимальное значение $0,082 \pm 0,016$ мкЗв/ч, среднее значение составляет $0,078 \pm 0,016$ мкЗв/ч.

Таблица 3. Результаты измерений эквивалентной равновесной объемной активности $R_{п-222}/\text{ЭРОА}$ радона в воздухе помещений

№ п/П	Место измерения	Rn-222, Бк/м ³	Максимальная среднегодовая активность ЭРОА радона – С _{тах} , Бк/м ³
		ЭРОА±DRn	
1	2 этаж, 1 квартира (комната 1)	27	35
2	2 этаж, 1 квартира (комната 2)	26	34
3	2 этаж, 10 квартира (комната 1)	21	27
4	2 этаж, 10 квартира (комната 2)	19	25
5	3 этаж, 12 квартира (комната 1)	23	30
6	3 этаж, 12 квартира (комната 2)	27	35
7	4 этаж, 29 квартира (комната 1)	17	22
8	4 этаж, 29 квартира (комната 2)	24	31
9	5 этаж, 31 квартира (комната 1)	26	34
10	5 этаж, 31 квартира (комната 2)	19	25
11	5 этаж, 40 квартира (комната 1)	21	27
12	5 этаж, 40 квартира (комната 2)	17	22
13	6 этаж, 42 квартира (комната 1)	19	25
14	6 этаж, 42 квартира (комната 2)	21	27
15	7 этаж, 59 квартира (комната 1)	20	26
16	7 этаж, 59 квартира (комната 2)	26	34
17	8 этаж, 61 квартира (комната 1)	23	30
18	8 этаж, 61 квартира (комната 2)	24	31
19	9 этаж, 72 квартира (комната 1)	27	35
20	9 этаж, 72 квартира (комната 2)	14	18
21	10 этаж, 89 квартира (комната 1)	10	13
22	10 этаж, 89 квартира (комната 2)	16	21
23	10 этаж, 90 квартира (комната 1)	19	25
24	10 этаж, 90 квартира (комната 2)	29	38
25	11 этаж, 91 квартира (комната 1)	27	35
26	11 этаж, 91 квартира (комната 2)	25	33
27	12 этаж, 102 квартира (комната 1)	12	16
28	12 этаж, 102 квартира (комната 2)	11	14
29	13 этаж, 119 квартира (комната 1)	14	18

30	13 этаж, 119 квартира (комната 2)	16	21
31	14 этаж, 121 квартира (комната 1)	21	27
32	14 этаж, 121 квартира (комната 2)	20	26
33	15 этаж, 132 квартира (комната 1)	24	31
34	15 этаж, 132 квартира (комната 2)	29	38
35	15 этаж, 140 квартира (комната 1)	16	21
36	15 этаж, 140 квартира (комната 2)	22	29
37	16 этаж, 149 квартира (комната 1)	10	13
38	16 этаж, 149 квартира (комната 2)	19	25
39	16 этаж, 150 квартира (комната 1)	12	16
40	16 этаж, 150 квартира (комната 2)	18	23
41	1 этаж, офис свободной планировки (точка 1)	21	27
42	1 этаж, офис свободной планировки (точка 2)	25	33
43	1 этаж, офис свободной планировки (точка 3)	30	39
44	1 этаж, офис свободной планировки (точка 4)	32	42
45	подвал (помещение ИТП)	27	35
46	подвал (техподполье, точка 1)	29	38
47	подвал (техподполье, точка 2)	22	29
48	подвал (техподполье, точка 3)	26	34

При расчетах использовалась C_{max} значение $VR_n(t)=1,3$; $FR_n=0,5$. Максимальное значение среднегодовой активности ЭРОА радона – C_{max} , составила 42 Бк/м^3 , что ниже нормируемого уровня 100 Бк/м^3 [7].

Выводы

Среднегодовая ЭРОА изотопов радона в воздухе помещений соответствует требованиям действующего нормативного документа СанПиН 2.6.1.2523-09 "Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009".

Таким образом, уровень AMBIENTного эквивалента дозы гамма-излучения и эквивалентной равновесной объемной активности радона в воздухе помещений многоквартирного дома города Перми не превышает допустимых значений, радиационные аномалии локальных источников гамма-излучения не выявлено. Для жизни

и здоровья людей, проживающих в данном доме, радиационный фон не представляет никакой опасности.

Список литературы

1. Асварова Т.А. Действие малых доз гамма-излучения на ферментативную активность почв Дагестана//Вестник ТГУ.-2013.-Т.18.-№3.-с.941-945
2. Баврина А.П., Монич В.А., Малиновская С.Л., Яковлева Е.И., Бугрова М.Л., Ермолаев В.С., Дружинин Е.А. Эффекты последовательного воздействия гамма-излучением и низкоинтенсивным красным светом на мышечные ткани крыс//Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского.-2013.-№2(1).-с.113-117
3. Бенецкий Б.А., Плотникова М.В. Факторы накопления гамма-излучения для композиционных материалов и защит//Краткие сообщения по физике ФИАН.-2012.-№4.-с.29-36
4. Бураева Е.А., Малышевский В.С., Нефедов В.С., Тимченко А.А., Горлачев И.А., Семин Л.В., Шиманская Е.И., Триболина А.Н., Кубрин С.П., Гуглев К.А., Толпыгин И.Е., Мартыненко С.В. Мощность эквивалентной дозы гамма-излучения природных и урбанизированных территорий Северного Кавказа//Фундаментальные исследования. Биологические науки.-2013.-№10.-с.1073-1077
5. Гродко В.А., Мещеряков Е.М., Тронин С.Я., Хромов М.Н. Радиационный и химический мониторинг жилых и общественных зданий//Технологии гражданской безопасности.-2004.-№2(6).-с.70-75
6. Джамилова С.М. Оценка характеристик гамма-поля территорий городов и поселков Акмолинской области//Вестник Алтайского государственного аграрного университета.-2011.-№9(83).-с.51-54
7. Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка жилых, общественных и производственных зданий и сооружений после окончания их строительства, капитального ремонта, реконструкции по показателям радиационной безопасности: Методические указания.— М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011.—26 с.
8. Mamta Gupta, A K Mahur, R G Sonkawade, K D Verma & Rajendra Prasad Measurement of radon activity, exhalation rate and radiation doses in fly ash samples from NTPC Dadri, India// Indian Journal of Pure & Applied Physics.-2010.-vol.48.-pp.520-523